اولین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
ایران، تهران، خرداد 1388
Archvie of SID

بهینه‌سازی مصرف سوخت در مشعل‌های اتمسفریک به وسیله تغییر دبی هوای مورد نیاز سوخت

مهدی بیدآبادی[1] ، محمد صدیقی[2]، مهرداد شیرازی[3]

[1]استادیار دانشکده مکانیک، دانشگاه علم و صنعت؛ bidabadi@iust.ac.ir
[2]استادیار دانشکده هوا فضا، دانشگاه هوایی شهیدستاری؛ m_sedighi@.iust.ac.ir
[3]دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، دانشگاه علم وصنعت؛ m1_shirazi@yahoo.com

چکیده

در این مقاله یک مشعل اتمسفریک پرکاربرد به همراه اجزای داخلی آن، اوریفیس، ونتوری، کفشک به عنوان نمونه اصلی مدل گردید و در ابتدا میزان همگنی مخلوط سوخت و هوا در نقاط مختلف آن بررسی گردید و نتایج حاصله با نتایج تجربی بدست آمده که به وسیله قراردادن آنالایزر در سوراخ ایجاد شده در انتهای مشعل در قسمتهای ابتدایی و میانی و انتهایی برداشت شده بود مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج حاصله بیانگر این مسئله است که مخلوط سوخت و هوا در طول ونتوری به صورت تقریباً کامل و یکنواخت با یکدیگر ترکیب شده‌اند و مخلوط همگنی را تشکیل داده‌اند و نمونه‌برداری از داخل مشعل از هر نقطه بعد از ونتوری امکانپذیر است در سرعت‌های بالاتر و دبی‌های بیشتر سوخت و در اوریفیس با قطرهای کوچکتر عمل اختلاط کمی بعد از ونتوری کامل می‌شود در مرحله بعد اندازه‌گیری هوای مکش شده به داخل مشعل در سرعتهای مختلف ورود سوخت به مشعل و در دبی‌های مختلف گاز ورودی به دستگاه و با تغییر محل قرارگیری اوریفیس مشعل انجام گرفت و نتایج حاصله در حالت عددی با نتایج آزمایشگاهی که در دو محل آزمایشگاه سوخت واحتراق دانشکده مکانیک دانشگاه علم و صنعت و نیز در محل موسسه ملی استاندارد بدست آمد مقایسه گردید و نتایج حاصله بیانگر این موضوع بود که با افزایش سرعت ورود سوخت درصد هوای اولیه افزایش می‌یابد و بالعکس، و نیز این روند افزایشی در سرعتهای پایین با سرعت بیشتری اتفاق می‌افتد و با توجه به اوریفیسهای مختلفی که مورد آزمایش قرار گرفت نشان داد که در سرعتهای بالا روند افزایشی درصد هوای ورودی به مشعل کاهش می‌یابد و به صورت تقریبی بعد از 90 متر بر ثانیه ثابت می‌گردد. در مرحله بعد تغییر محل اوریفیس مدنظر قرار داده شد که نتایج بدست آمده بیانگر این موضوع بود که این پارامتر تاثیر چندانی بر میزان مکش هوای اولیه ندارد. در حالت عددی سرعت ورودی سوخت از اوریفیس به داخل مشعل از 20 تا 120 متر بر ثانیه اعمال گردید و نیز تغییر محل اوریفیس و فاصله دهانه ورودی گاز به ونتوری در 6 صفحه موازی طراحی و بررسی گردید.

مقدمه

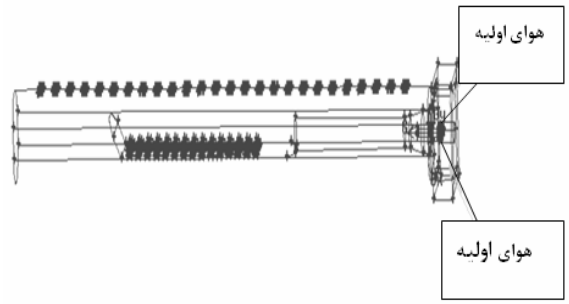
بیش از سه دهه است که کشورهای عمده مصرف کننده حاملهای انرژی، بصورت کاملاً جدی و برنامه ریزی شده، فعالیتهای مربوط به کاهش تلفات ناشی از مصرف حاملهای انرژی و سیاستهای بهینه سازی مصرف سوخت را دنبال کرده‌اند که از این راه، نه تنها در هزینه‌های مربوط به مصارف انرژی به صرفه جویی های قابل ملاحظه‌ای دست یافته‌اند، بلکه از توسعه فزاینده روند تخریب محیط-زیست نیز به نحو مؤثری جلوگیری کرده‌اند. [1].

یکی از موثرترین مباحث، ایجاد تغییرات ساختاری در قسمتهای مختلف دستگاه‌های احتراقی است[2]. مشعل به عنوان اصلی‌ترین واحد دستگاه‌های احتراقی از اهمیت خاصی برخوردار است لذا با اهداف از پیش تعیین شده و در جهت افزایش راندمان حرارتی و کاهش گازهای آلاینده زیست‌محیطی برنامه‌ای دقیق در آزمایشگاه احتراق دانشگاه علم و صنعت تدوین گردید و در حال اجرا است و در این تحقیق نیز سعی بر این است که مدلی از مشعل های اتمسفریک ارائه داده شده و با ایجاد تغییراتی در ساختار آن به بهینه‌سازی اینگونه مشعل‌ها و کنترل احتراق انجام گرفته در داخل آنها پرداخته شود.

اینگونه تحقیقات با توجه به دشواری و زمانبر بودن و نیز هزینه-های بالای پروسه‌های ساخت (ساخت قالب مخصوص هر مشعل برای تغییر هر پارامتر) و نمونه‌گیری و تست در قسمتهای داخلی دستگاههای حرارتی کاملا ضروری به نظر می‌رسد.

هوای اولیه و ثانویه و هوای اضافی

هوایی که قبل از خارج شدن گاز از سوراخ‌های سر مشعل با گاز مخلوط می‌شود هوای اولیه نام دارد. در شکل1 محل ورودی هوای اولیه نشان داده شده است.



شکل 1: محل ورود هوای اولیه به مشعل

هوای ثانویه در حقیقت عمل هوای اولیه را تکمیل می‌کند و هوای لازم برای احتراق کامل را تأمین می‌کند. در حالت ایده‌آل مجموع هوای اولیه و ثانویه باید دقیقاً 100 درصد هوای مورد نیاز برای

www.SID.ir

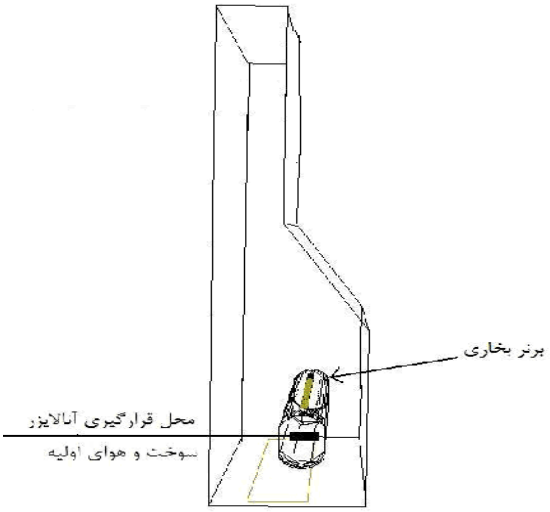
Archvie of SID

احتراق کامل باشد.

معمولاً برای اینکه احتراق کامل در مشعل صورت گیرد مجموع هوای اولیه و ثانویه کافی نمی‌باشد در نتیجه برای اطمینان از وجود هوای کافی برای احتراق گاز باید مقداری هوا، اضافه بر هوای ایده‌آل به مشعل برسد[3]. این هوای اضافه بر هوای تئوری را هوای اضافی می‌نامند .

محاسبه میزان هوای اولیه کشیده شده توسط مشعل

برای اینکه بتوان درصد هوای اولیه کشیده شده توسط مشعل را اندازه‌گیری کرد باید آنالایزر را داخل مشعل در حال کار قرار داد. شکل2 موقعیت آنالایزر و نحوه نمونه‌برداری را برای این آزمایش نشان می‌دهد.



شکل 2: نحوه نمونه برداری از بخاری در حال کار

با توجه به اینکه آنالایزر قادر به اندازه‌گیری درصد مولی اکسیژن مخلوط است مقدار هوای اولیه را می‌توان از معادلت 1 تا 4 بدست آورد.

$$CH_4 + 2(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 7.52N_2 \quad (1)$$

$$CH_4 + X(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow \text{محصولات احتراق} \quad (2)$$

$$Mole\ fraction\ of\ O_2 = \frac{X}{1+X+3.76X} = \frac{X}{1+4.76X} \quad (3)$$

$$\text{در صد هوای اولیه} = \frac{X}{2} \quad (4)$$

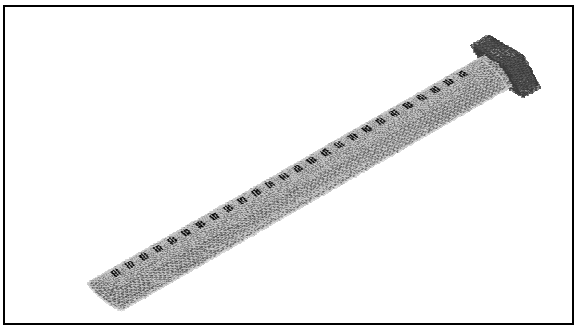
که مقدار X/2 نشان‌دهنده میزان هوای اولیه کشیده شده توسط مشعل است. با توجه به اینکه در معادله استکیومتری ضریب هوا برابر 2 است چنانچه X برابر 2 باشد یعنی ٪100 هوای اولیه و اگر برابر 1 باشد به معنی ٪50 هوای اولیه است. بدین صورت میزان هوای اولیه کشیده شده توسط مشعل مشخص می شود.

مدل سازی مشعل و حل عددی

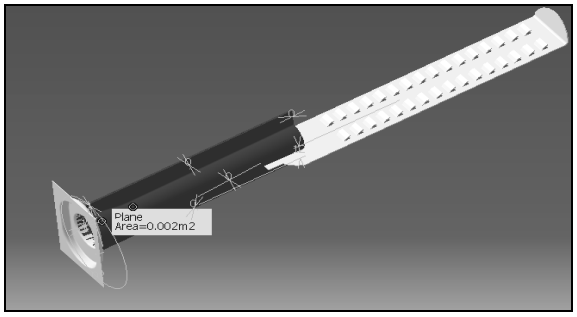
با انتخاب یک مدل مشعل، مدل سازی به کمک نرم افزار GAMBIT انجام گرفت و بعد از مش بندی طرح مدل شده و قراردادن شرایط برای این نرم افزار، تحلیل صورت گرفت که مراحل انجام گرفته به اختصار توضیح داده می شود.

در نرم افزارGAMBIT با ابعاد برداری دقیقی که از مشعل مذکور و اجزای داخلی آن صورت گرفت، مدل مورد نظر ساخته شده و سپس با دقت بالا قسمتهای مختلف مش‌بندی گردید به شکلی که نسبت بین اضلاع از 8 تجاوز نکرد بعد از این مرحله می‌بایست شرایط مرزی مناسب و نوع حل و مدل توربولانسی را برای قسمتهای مختلف در نظر گرفت و با توجه به این که بررسی‌های انجام گرفته قبل از انجام عمل احتراق است تعیین مدل احتراقی و تشعشعی ضرورتی ندارد.

شکل3 بدنه خارجی مشعل و شکل 4 اجزای داخلی مشعل را نشان می‌دهد.



شکل 3: بدنه خارجی مشعل



شکل 4: اجزای درونی مشعل شامل ونتوری و کفشک

تنظیم شرایط مرزی

1- برای سطح خروجی اوریفیس و در واقع سطح ورودی گاز به حجم کنترل مفروض از شرط مرزی Velocity inlet استفاده می‌شود[4].

2- قسمتهای اطراف سوراخ اوریفیس را با توجه به ابعاد بزرگ آن نسبت به دهانه ورودی می‌توان شرط مرزی فشار ورودی Pressure Inlet قرار داد. این شرط عموماً زمانی بکار می‌رود که فشار ورودی معلوم باشد اما میزان جریان یا سرعت آن معلوم نیست. در این مورد با توجه به نکته مذکور می‌توان فشار ورودی را فشار هوای اطراف در نظر گرفت.

3- بر روی دهانه خروجی ونتوری هم می‌توان از شرط مرزی Pressure outlet استفاده کرد.

4- سایر مرزهای حجم کنترل تحت عنوان شرط مرزی wall با فرض عدم لغزش تعریف شده‌اند.

5- صفحه میانی که به وسیله آن کل حجم به دو بخش به منظور

www.SID.ir

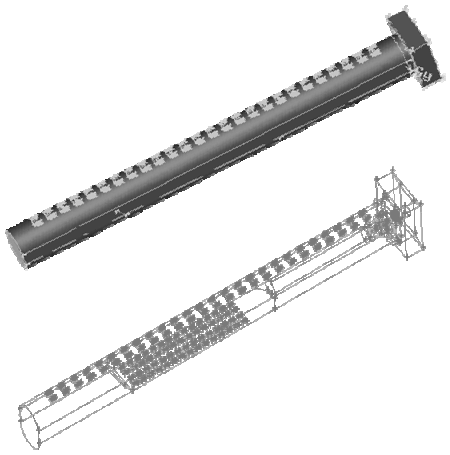
Archvie of SID

تحلیل آسانتر تقسیم گردید، به عنوان سیمتری در نظر گرفتـه مـی-شود.

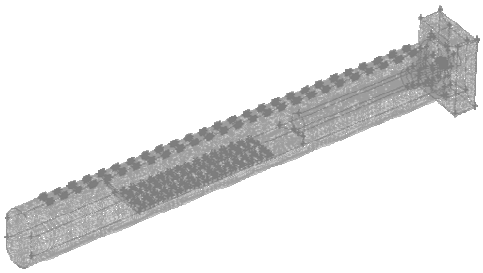
تعیین مدل توربولانسی

نوع حل را Segregated قرار داده که این روش با توجه به سرعت سیال در داخل سیستم $Ma < 0/3$ در نظر گرفته می‌شود زیرا در این روش شبکه‌ها به صورت مجموعه مجموعه در نظر گرفته شده و به حجم ارتباط داده می‌شوند و اطلاعات مورد نیاز را هر شبکه، از شبکه‌های قبلی استخراج می کند[5].

مدل انتخابی $k-\xi$ استاندارد به خاطر رینولدز بالا در نظر گرفته می‌شود شرایط را Steady فرض کرده و بعد از کامل کردن شرایط درفلوئنت تحلیل مدل فوق صورت می‌گیرد. شکل 5 ژئومتری مسئله را در نرم افزار گمبیت و شکل 6 مدل مش‌بندی شده کامل مشعل را نشان می‌دهد.



شکل 5: ژئومتری مساله در نرم‌افزار Gambit



شکل 6: مش‌بندی کامل برنر

از آنجا که می‌دانیم برای گاز شهری در اکثر شرایط کاری بهترین رنج هوای اولیه 48 درصد هوای تئوری می باشد[6] و میزان اکسیژن موجود در ترکیب سوخت و هوا قابل اندازه‌گیری است و درصد اکسیژن مستقیماً با میزان هوای اولیه متناسب است در نتیجه با اندازه‌گیری میزان اکسیژن معیار مناسبی جهت افزایش یا کاهش راندمان دستگاه حاصل می‌شود هدف این مقاله تغییر پارامترهای مختلف در اجزای داخلی مشعل به منظور تغییر میزان اکسیژن و در نتیجه هوای اولیه ورودی به مشعل و بدست آوردن اختلاط بهتری بین سوخت و هوای اولیه است.

ایجاد تغییرات در پارامترهای مدل

در اینجا 3 تغییر در مشعل مـورد نظـر قـرار گرفـت1-نتـایج عـددی همگنی مخلوط سوخت و هوا در نقاط مختلـف مـشعل و مقایـسه بـا نتایج تجربی 2-تغییر دبی و یا سرعت ورودی سوخت از اریفـیس بـه مشعل 3-تغییر محل اوریفیس مشعل

نتایج عددی همگنی مخلوط سوخت و هـوا در نقـاط مختلـف مشعل

بدین منظور نتایج عددی مربـوط بـه میـزان درصـد هـوای اولیـه در مشعل با قطرهای مختلف و نیز در سرعتهای مختلف سـوخت ورودی از اوریفیس به مشعل در نقاط مخلف داخل آن اندازه‌گیری شـد و بـه طور مثال نتایج حاصله در مشعل با اوریفیس به قطـر 2 میلیمتـر ودر سرعت 50 متر بر ثانیه سوخت در جدول 1 نشان داده شده است

جدول 1: نتایج عددی بست آمده در نقاط مختلف مشعل

	O2(٪)	T(°C)
درابتدای مشعل	17/61	23
دروسط مشعل	17/62	23
درانتهای مشعل	17/62	23

آزمایش تجربی همگنی مخلوط سوخت وهوا در مشعل

با توجه به این مطلب که نمونه‌برداری در داخل مشعل به وسیله قرارگیری واحد نمونه‌برداری داخل مشعل صورت می‌گیرد می‌بایست این مسئله مورد آزمایش قرار می‌گرفت که آیا در محل‌های مختلف قرارگیری واحد نمونه‌برداری در مشعل، مخلوط سوخت و هوا به یک میزان ترکیب شده‌اند یا به عبارتی همگنی، در طور مشعل مورد بررسی قرار می‌گرفت لذا با قطرهای مختلف و در محل‌های مختلف نسبت به ونتوری این آزمایش انجام گرفت و واحد نمونه‌برداری دستگاه آنالایزر را ابتدا در قسمت ابتدایی مشعل قرار داده و بعد از روشن کردن مشعل و دستگاه آنالایزر و ایجاد حالت تعادل نمونه-برداری انجام گرفت و در مراحل بعدی واحد نمونه‌برداری دستگاه را در قسمت میانی مشعل و سپس انتهایی مشعل قرار داده و نمونه-برداری انجام گرفت که نتایج حاصل نشان دهنده همگنی سوخت و هوا در طول مشعل و در دبی‌های مختلف به یک میزان بود و ترکیب به صورت کامل انجام شده لذا این امکان میسر گردید که آزمایشهای ذکر شده در مراحل دیگر را فقط با قراردادن واحد نمونه‌برداری دستگاه آنالایزر در یک محل دلخواه در داخل مشعل انجام داده و نتایج برداشت و مورد ارزیابی قرار گیرد.

آزمایش‌های انجام شده تجربی در چندین مرحله انجام گرفت تا حتی الامکان از میزان خطا کاسته شود. در جدول 2 نتایج بدست آمده در مشعل با اوریفیس به قطر 2 میلیمتر و در سه منطقه ابتدایی

www.SID.ir

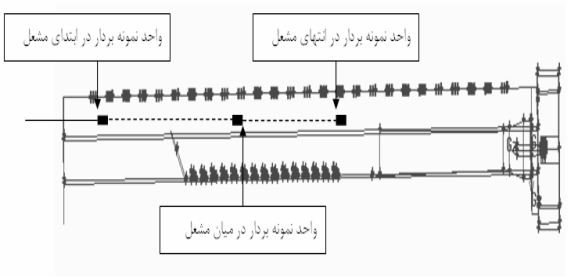
Archvie of SID

و میانی و انتهایی نشان داده شده است.

جدول 2: نتایج تجربی بست آمده در نقاط مختلف مشعل

	O2(٪)	T(°C)
درابتدای مشعل	17/52	21/4
دروسط مشعل	17/56	21/3
درانتهای مشعل	17/57	20/9

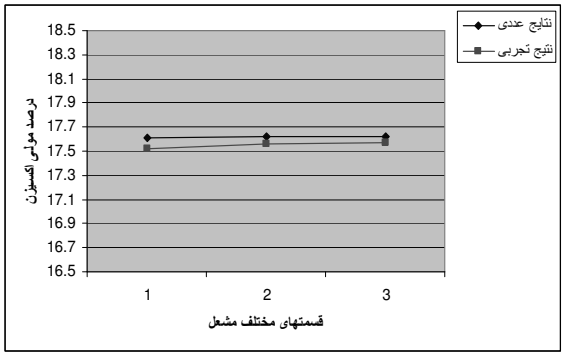
شکل 7 نحوه نمونه برداری از قسمتهای مختلف مشعل را نشان می-دهد.



شکل 7: نحوه نمونه برداری از قسمتهای مختلف مشعل

مقایسه نتایج عددی و تجربی همگنی مخلوط سوخت و هوا

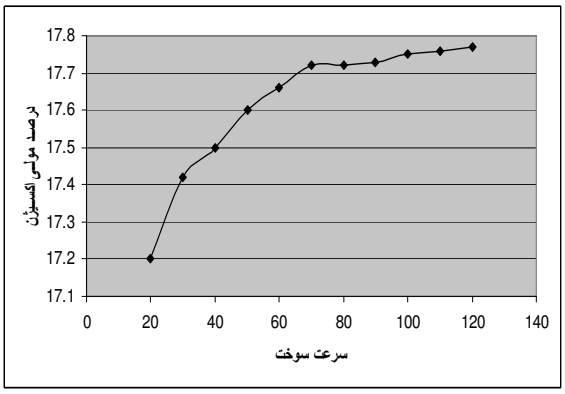
همانگونه که شرح داده شد هم به صورت عددی و هم به صورت تجربی نمونه برداری از مخلوط سوخت وهوا در طول مشعل انجام گرفت که نتایج بدست آمده بیانگر این نکته است که در طول مشعل همگنی مخلوط سوخت وهوا به صورت کامل است. نمودار 1 نمونه ای از مقایسه نتایج عددی و تجربی در مورد میزان همگنی مخلوط سوخت و هوا را در مشعل مورد نظر نشان می‌دهد که با توجه به نتایج و نمودارهای مشابه دیگر بدست آمده مطابقت خوب نتایج عددی وتجربی و نیز با توجه به شیب نمودار همگنی مخلوط سوخت و هوا در داخل مشعل بدست می‌آید.



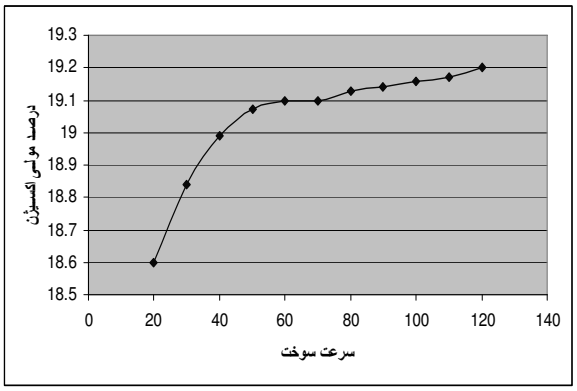
نمودار 1: مقایسه نتایج عددی و تجربی درصد مولی اکسیژن در نقاط مختلف مشعل

نتایج عددی تغییر دبی سوخت (سرعت سوخت)

در تحلیل عددی سرعت سوخت ورودی را از 20 تا 120 متر بر ثانیه در مشعل با اوریفیس به قطرهای 0/5، 1، 2 و3 میلیمتر تغییر داده و اندازه‌گیری درصد مولی اکسیژن انجام گرفت که نتایج بدست آمده بیانگر این مسئله است که با افزایش سرعت، میزان هوای اولیه افزایش می‌یابد البته با توجه به نمودارهای 2 و3 بدست آمده در سرعتهای پایینتر با افزایش سرعت این میزان افزایش چشمگیری می‌یابد ولی در سرعتهای بالاتر روند افزایش کاهش یافته و تقریباً از سرعت 85 متر برثانیه با افزایش سرعت درصد مولی اکسیژن تقریباً ثابت می‌گردد و از لحاظ فیزیکی نیز این پدیده قابل بررسی است که با افزایش سرعت سوخت از ورودی اوریفیس مکش بیشتری در اثر حرکت مولکولهای هوای اطراف سوراخ ایجاد شده که در نتیجه باعث مکش حجم بیشتری هوای اولیه به مشعل می‌گردد.



نمودار 2: تغییر دبی و یا سرعت گاز ورودی از سوراخ اوریفیس (اوریفیس با قطر 2 میلیمتر)



نمودار 3: تغییر دبی و یا سرعت گاز ورودی از سوراخ اوریفیس (اوریفیس با قطر 1 میلیمتر)

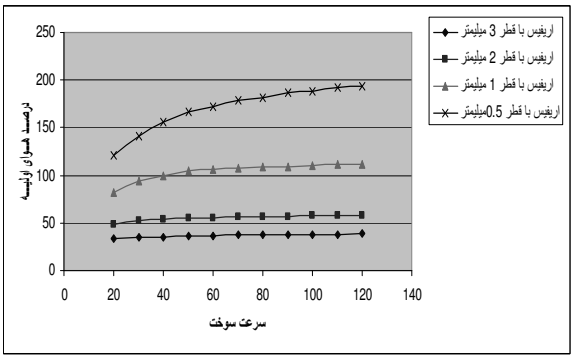
.نتایج عددی درصد مولی اکسیژن و درصد هوای اولیه مربوط به مشعل با اوریفیس به قطر 2 میلیمتر در جدول3 و درصد هوای اولیه در اوریفیس با قطرهای مختلف ودر سرعتهای مختلف در نمودار4 آمده است.

جدول 3- تغییر سرعت گاز ورودی از سوراخ اوریفیس (قطر 2 میلیمتر)

سرعت سوخت(m/s)	30	50	70	100	120
درصد مولی اکسیژن	17/42	17/60	17/72	17/75	17/77
درصد هوای اولیه	50/99	54/24	56/60	57/22	57/63

www.SID.ir

Archvie of SID



نمودار 4: نتایج عددی درصد هوای اولیه در سرعتهای مختلف

آزمایش تجربی تغییر دبی سوخت

در آزمون تجربی برای اطلاع از میزان هوای اولیه که توسط مشعل کشیده می‌شود آنالایزر را درون مشعل (قبل از شروع احتراق) قرار داده و مشعل را روشن کرده و دبی هوای ورودی به آن را در حالت مورد نظر تنظیم کرده و نمونه برداری انجام گرفت. در انتهای مشعل سوراخی ایجاد و آنالایزر درون مشعل قرار داده شد. سپس با فاصله زمانی 30 ثانیه بین دو اندازه‌گیری تعداد 6 بار نمونه‌برداری انجام گرفت که اعداد برداشت شده بسیار نزدیک به هم بودند و عدد میانگین برداشت شد.

با توجه به مشخص بودن دبی مینیمم و ماکزیمم [7] برای اوریفیسهای مختلف و با مشخص بودن مساحت هر اوریفیس میزان سرعت در هر اوریفیس در دبی مینیمم و ماکزیمم به راحتی قابل محاسبه است و از روابط 5 و 6 بدست می‌آید:

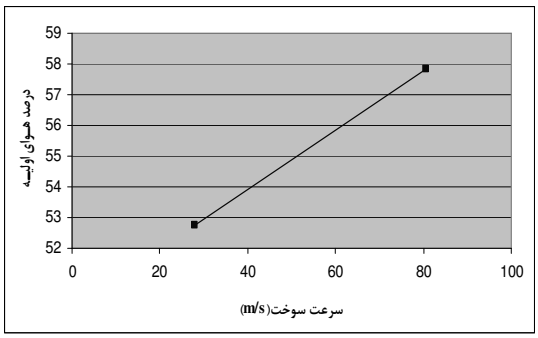
$$Q = VA \qquad (5)$$

$$A = \text{مساحت سطح سوراخ اوریفیس} \qquad (6)$$

نتایج تجربی درصد مولی اکسیژن و درصد هوای اولیه مربوط به مشعل با اوریفیس به قطر 2 میلیمتر در جدول4 و نمودار5 آمده است.

جدول 4- داده‌های تجربی تغییر سرعت گاز ورودی از سوراخ اوریفیس (اوریفیس با قطر 2 میلیمتر)

سرعت سوخت (m/s)	27/89	80/57
درصد مولی اکسیژن	17/52	17/77
درصد هوای اولیه	52/75	57/63



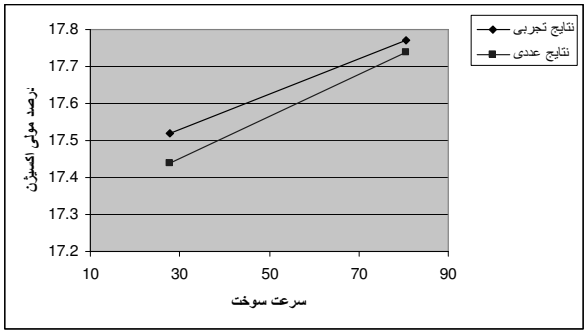
نمودار 6: نتایج تجربی اوریفیس به قطر 2 میلیمتر در سرعتهای مختلف

مقایسه نتایج عددی و تجربی

با توجه به تست انجام گرفته در حالت حداقل و حداکثر دبی که دستگاه میزان دبی را 314/9 لیتر بر ساعت و 964/11 لیتر بر ساعت نشان داد و در حالت مینیمم، میزان اکسیژن (O2) را دستگاه 17/11 درصد و در حالت ماکزیمم 17/52 درصد اندازه‌گیری نمود و با توجه به رابطه Q=VA سرعت در هر حالت به راحتی قابل محاسبه است[8] که سرعت در حالت مینیمم 28 متر بر ثانیه و در حالت ماکزیمم 85 متر بر ثانیه بدست آمد لازم به ذکر است قطر اریفیس در این تست تجربی 2 میلی متر بود.

با توجه به مقایسه انجام گرفته در حالت عددی و تجربی بر روی اریفیس با قطر 2 میلی‌متر و در سرعت 85 متر بر ثانیه به خوبی به نزدیکی نتایج تئوری و تجربی پی می‌بریم در تست تجربی در حالت مینیمم در سرعت 28 متر بر ثانیه، درصد اکسیژن 17/11 و در حالت تئوری در سرعت مورد نظر با همان اریفیس میزان درصد اکسیژن 17/45 و در حالت ماکزیمم در آزمایش تجربی، درصد اکسیژن 17/52درصد و در حالت تئوری به عدد 17/77 درصد رسیدیم همانطور که مشاهده می‌شود نتایج حالت تئوری و تجربی با هم انطباق خوبی دارند با توجه به نزدیکی نتایج تئوری و تجربی میتوان به نتایج حاصله از حالت تئوری صحه گذاشت.

در نمودار 7 نتایج عددی وتجربی در اوریفیس به قطر 2 میلیمتر در دبی مینیمم وماکزیمم با هم مقایسه شده است.



نمودار 7: مقایسه نتایج عددی و تجربی درصد مولی اکسیژن در اوریفیس به قطر 2 میلیمتر

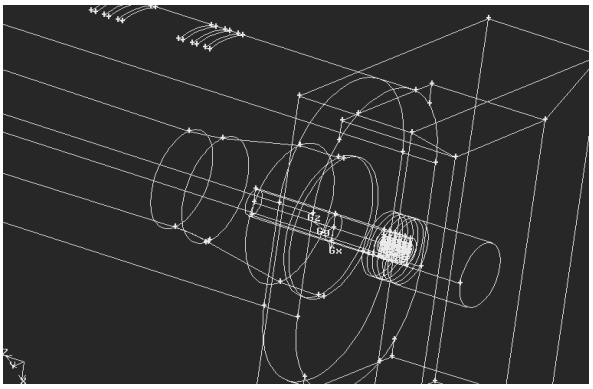
آزمایش تغییر محل اوریفیس نسبت به ونتوری

بدین منظور 6 صفحه مختلف با فواصل 1 میلیمتر نسبت به یکدیگر طراحی گردید و در هر صفحه 4 اوریفیس با قطرهای مختلف از 0/5 میلیمتر تا 3 میلیمتر ایجاد گشت در شکل 8 نشان داده شده است. فاصله اولین صفحه از مرکز ونتوری 14/5 میلیمتر و فاصله سایر صفحهات به ترتیب 13/5 و 12/5 و11/5 و10/5 و9/5 میلیمتر از مرکز ونتوری تعیین گردید .هدف از این عمل تغییر محل اوریفیس و تأثیر آن بر میزان مکش هوای اولیه دارد. جمعاً 24 اوریفیس با قطرهای مختلف و در فواصل مختلف نسبت به ونتوری ایجاد گردید. نتایج عددی از نرم‌افزار فلوئنت و نتایج تجربی به وسیله تست، توسط دستگاه آنالایزر بدست آمد.در نمودارهای8 و 9 درصد مولی اکسیژن

www.SID.ir

Archvie of SID

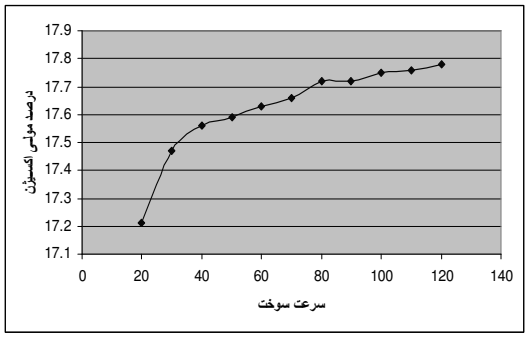
در مشعل با اوریفیس به قطر 2 میلیمتر و صفحات دوم و پنجم نـشان داده شده است نتایج تجربی در جدول 5 آمده است.



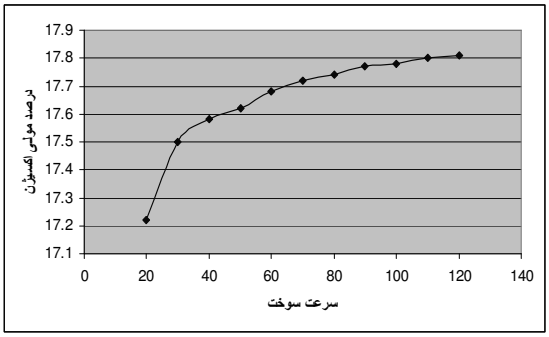
شکل 8: تغییر محل اوریفیس در مدل رسم شده

جدول 5- آزمایش تغییر محل اوریفیس نسبت به ونتوری در اوریفیس به قطر 2 میلیمتر در حالت حداقل و حد اکثر دبی گاز

صفحه	درصد مولی اکسیژن (٪) حداقل دبی	درصد مولی اکسیژن (٪) حداکثر دبی	درصد هوای اولیه (٪) حداقل دبی	درصد هوای اولیه حداکثر دبی
1	17/52	17/77	52/75	57/63
2	17/52	17/78	52/75	57/85
3	17/52	17/78	52/75	57/85
4	17/53	17/78	52/93	57/85
5	17/53	17/80	52/93	58/27
6	17/53	17/78	52/93	57/85



نمودار8: درصد مولی اکسیژن در اوریفیس با قطر 2 میلیمتر و صفحه دوم



نمودار9: درصد مولی اکسیژن در اوریفیس با قطر 2 میلیمتر و در صفحه پنجم

نتایج

با توجه به لزوم شناخت از نوع ترکیب سوخت و هوا در داخل مشعل و نیاز به نمونه برداری و تست تجربی از مخلوط داخل مشعل همگنی مخلوط سوخت و هوا بررسی گردید که نتایج عددی و تجربی نشان دهنده ترکیب همگن و یکنواخت سوخت و هوا در تمام نقاط مشعل است.

با افزایش سرعت سوخت درصد هوای اولیه مکش شده به داخل مشعل افزایش می‌یابد و در سرعت‌های پایین‌تر (حدود 20 الی 30 متر بر ثانیه) روند این افزایش بسیار سریعتر است و در سرعتهای بالاتر این روند کاهش می‌یابد و از سرعت 85 متر بر ثانیه این روند افزایشی کاهش چشمگیری می‌یابد و این مسئله در اوریفیس با قطرهای مختلف و در صفحات مختلف صادق است و می‌توان با توجه به نتایج بدست آمده میزان هوای مکش شده به داخل مشعل را که تاثیر مستقیم بر میزان سوخت مصرفی و تولید گازهای آلاینده co و no_x دارد را کنترل نمود. در آزمایشات مربوط به تغییر محل اوریفیس تأثیر محسوسی بر میزان هوای اولیه در اوریفیس با قطرهای مختلف و سرعتهای مختلف مشاهده نشد که این تغییر توصیه نمی‌گردد.

مراجع

[1]-مستوفی‌زاده، محمدعلی(مترجم) شناخت سوخت‌گازی، چاپ اول1376

[2]- مستوفی زاده، محمد علی (مترجم) مشعلهای گازسوز و چگونگی کار آنها، چاپ اول1376

[3]- استاندارد شماره 1-1220، " بخاریهای گاز سوز دودکش دار" موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران،1370

[4]- GAMBIT

[5]- FLUENT

[6]- شرکت ملی گاز ایران، "احتراق گاز صنعتی"، 1365

[7]-**صادقی، پژمان، « بهینه‌سازی مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌ها در مشعل‌های گازسوز»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد1386**

[8]-www.blesi-evans.com,"CombustionBasics"

[9]- Edward A.Faulkner ,"Guid to efficient Burner operation:Gas , Oil and Doul Fuel",1988

www.SID.ir